

**ANALISA STRUKTUR MIKRO DAN TINGKAT KEKERASAN
LOGAM BAJA HASIL *HOT ROLLING* DENGAN
PENAMBAHAN KARBON ARANG TEMPURUNG KELAPA
DENGAN MESH 40,50,60**



**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Progam Studi
Strata I Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh:

RIZKI DWI ARDIKA

D 200 181 023

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2020**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISA STRUKTUR MIKRO DAN TINGKAT KEKERASAN
LOGAM BAJA HASIL *HOT ROLLING* DENGAN PENAMBAHAN
KARBON ARANG TEMPURUNG KELAPA DENGAN MESH
40,50,60**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

RIZKI DWI ARDIKA

D 200 181 023

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen
Pembimbing



Ir. Pramuko Ilmu Purboputro, M.T.
NIK. 436

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISA STRUKTUR MIKRO DAN TINGKAT KEKERASAN
LOGAM BAJA HASIL *HOT ROLLING* DENGAN PENAMBAHAN
KARBON ARANG TEMPURUNG KELAPA DENGAN MESH
40,50,60**

OLEH
RIZKI DWI ARDIKA
D 200 181 023

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Rabu, 15 Januari 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

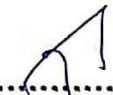
Dewan Penguji:

1. Ir. Pramuko Ilmu Purboputro, M.T.

(
.....)

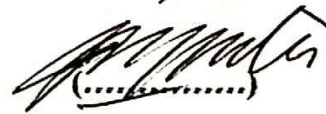
(Ketua Dewan Penguji)

2. Ir. Sunardi Wiyono, M.T.

(
.....)

(Anggota I Dewan Penguji)

3. Ir. Bibit Sugito, M.T.

(
.....)

(Anggota II Dewan Penguji)

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, M.T., PhD., IPM.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 25 Januari 2020

Penulis

RIZKI DWI ARDIKA

D 200 181 023

ANALISA STRUKTUR MIKRO DAN TINGKAT KEKERASAN LOGAM BAJA HASIL *HOT ROLLING* DENGAN PENAMBAHAN KARBON ARANG TEMPURUNG KELAPA DENGAN MESH 40,50,60

Abstrak

Analisa struktur mikro dan tingkat kekerasan logam baja hasil Hot Rolling dengan penambahan karbon arang tempurung kelapa dengan mesh 40,50,60 telah diteliti. Parameter Hot Rolling dan gaya penekanan dibuat seragam. Parameter yang digunakan yaitu reduksi ketebalan dari 3 mm menjadi 2.85 mm yang dilakukan pada suhu ruangan. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan suatu logam baja yang memiliki tingkat kekerasan yang tinggi. Hot Rolling pada penelitian ini menggunakan material baja dengan dimensi awal 200 x 20 x 3 mm kemudian di rolling bertahap dengan pencampuran ukuran serbuk karbon yang berbeda dengan ukuran 40,50,60 mesh. Sifat fisik diketahui berdasarkan dari pengujian struktur mikro dan sifat mekanik diketahui berdasarkan pengujian kekerasan vickers. Hasil penelitian foto mikro menunjukkan bahwa setelah dilakukan pengerolan bentuk butirnya lebih pipih, cenderung lebih rapat dan batas butir menipis. Menipisnya batas butir disebabkan deformasi plastis selama pengerolan. Pengujian kekerasan menunjukkan bahwa nilai rata-rata tertinggi terdapat pada baja yang diberi campuran karbon 60 mesh yaitu sebesar 138,2 VHN. Nilai kekerasan meningkat karena semakin banyak presentase berat karbon dan pergerakan dislokasi akan semakin susah karena tertahan partikel penguat karbon.

Kata Kunci : Hot Rolling, Baja Karbon, Carburizing, Kekerasan Vickers, Struktur Mikro.

Abstract

Analysis of microstructure and hardness level of hot rolled steel metal with the addition of coconut shell charcoal carbon with a mesh of 40.50.60 has been investigated. Hot Rolling parameters and compressive forces are made uniform. The parameter used is the reduction in thickness from 3 mm to 2.85 mm which is done at room temperature. This study aims to produce a steel metal that has a high level of hardness. Hot Rolling in this study used steel material with initial dimensions of 200 x 20 x 3 mm and then rolled out gradually by mixing different sizes of carbon powder with a size of 40.50.60 mesh. Physical properties are known based on microstructure testing and mechanical properties are known based on vickers hardness testing. Micro photo research results show that after rolling the shape of the grain is more flat, tends to be more dense and the grain boundary thinning, the thinning of the grain boundary caused by plastic deformation during rolling. Hardness testing shows that the highest average value is found in steel that is mixed with 60 mesh carbon, which is 138.2 VHN. The value of violence increases because the more weight percentages of carbon and the movement of dislocations will be more difficult because it is held by carbon reinforcement particles.

Keywords: Hot Rolling, Carbon Steel, Carburizing, Vickers Hardness, Micro Structure.

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan berbagai material logam dalam bidang industry saat ini sangat beragam dan semakin meningkat seperti contohnya penggunaan baja. Material baja banyak digunakan sebagai material pembuatan struktur pesawat, kapal laut, kereta api, peralatan rumah tangga dan komponen otomotif. Besi baja mempunyai sifat daya tarik lengkung dan tekan yang besar, kuat tetapi lentur, tidak cepat patah dan sangat keras sekali. Sifat tersebut masih bisa dinaikan lagi dengan cara diberikan perlakuan khusus, sehingga dapat menghasilkan logam sesuai yang diinginkan.

Baja adalah logam paduan, logam besi yang berfungsi sebagai unsur dasar dicampur dengan beberapa elemen lainnya, termasuk unsur karbon. Dalam Kandungan unsur karbon dalam baja berkisar antara 0.2% hingga 2.1%. Elemen yang terdapat dalam baja yaitu karbon, mangan, fosfor, sulfur, silikon, dan sebagian kecil oksigen, nitrogen dan aluminium. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur pengeras dengan mencegah dislokasi bergeser pada kisi kristal dari atom penyusun besi.

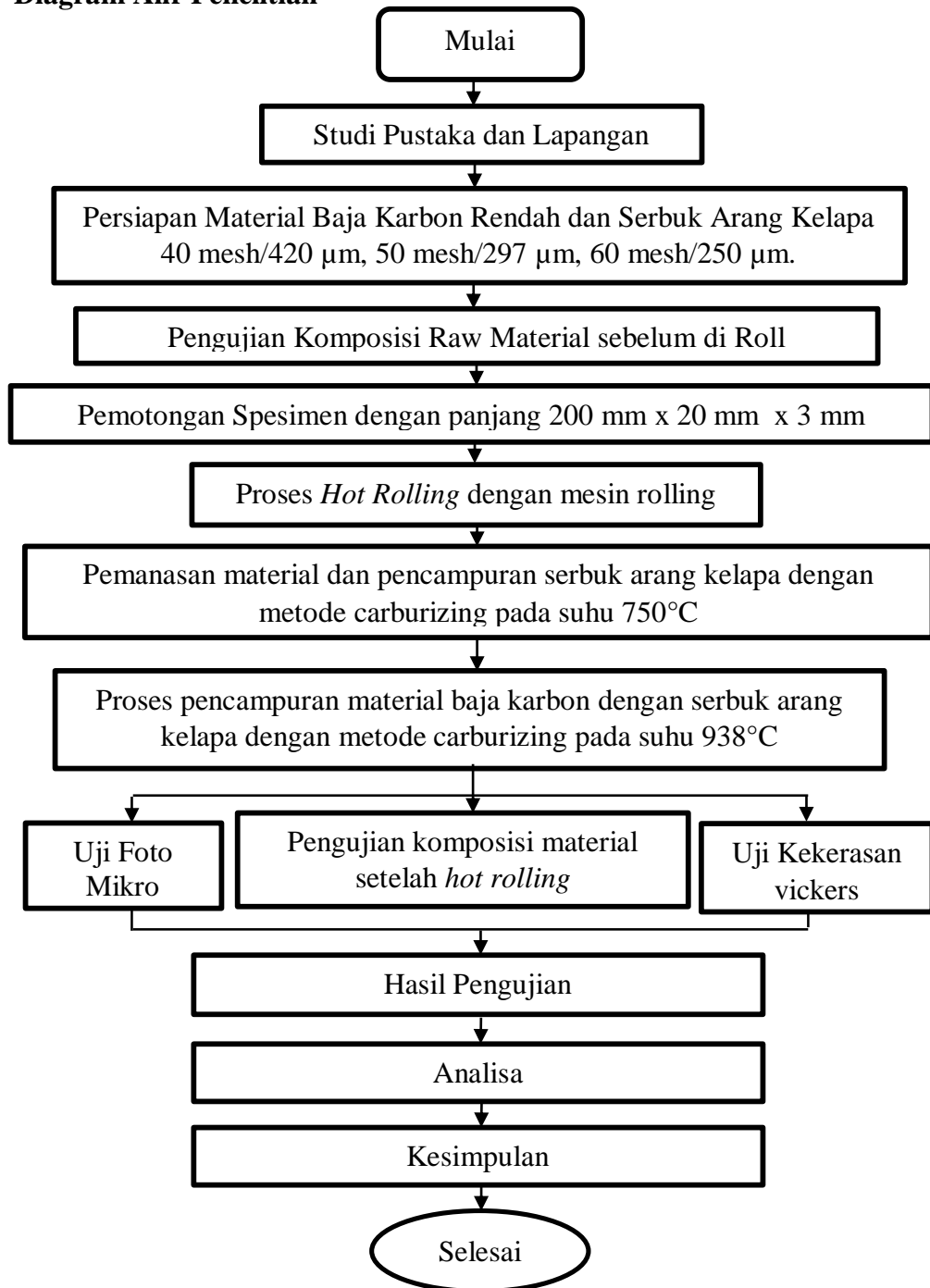
Salah satu proses pabrikasi bahan logam di dunia industri yaitu dengan cara tempa, pengerolan, ekstrusi. Proses tersebut merupakan proses yang sangat penting dalam dunia industri. Pembuatan benda dengan pengerolan banyak dilakukan pada instalasi bejana tekan dan konstruksi penguatan terhadap struktur. *Rolling* logam adalah salah satu cara pemipihan/pengurangan ketebalan benda kerja yang baik. Proses pengerolan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu pengerolan dingin (*cold rolling*) dan pengerolan panas (*Hot Rolling*). Pada pengerolan panas (*Hot Rolling*) termasuk dalam kerja panas (*hot working*), Kerja panas dilakukan diatas suhu rekristalisasi dan mengakibatkan material lebih lunak, lemah dan ulet. Pada proses rolling logam didapatkan sifat mekanik yang beraneka ragam sesuai dengan besarnya reduksi ketebalan, semakin tinggi reduksi ketebalan maka semakin besar perubahan sifat mekaniknya (Myron 1987).

Material yang digunakan yaitu berupa baja dengan penambahan serbuk arang kelapa sebagai karbon/pengerasnya. Tujuan dari eksperimen ini adalah

untuk mengetahui bagaimana proses *Hot Rolling*, mengetahui karakteristik butiran besi baja sebelum dan sesudah dirolling dan mengetahui sifat mekanis dari suatu logam serta mengetahui tingkat kekerasan dari logam tersebut.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Proses Penelitian

Langkah-langkah dalam proses penelitian adalah sebagai berikut :

- 1) Mencari referensi mengenai proses pengerolan (*Rolling*), Baja Karbon, pengujian foto mikro, pengujian kekerasan baik dari buku, jurnal-jurnal, situs internet, maupun dari tugas akhrit terdahulu.
- 2) Menyiapkan semua alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini.
- 3) Pemilihan standart sebagai acuan dalam penelitian in yang meliputi ukuran specimen, proses penelitian dan proses pengujian.
- 4) Pemotongan specimen sesuai ASTM dengan ukuran Panjang 200 mm x 20 mm.
- 5) Melakukan proses perlakuan panas (*Heat Treatment*) terhadap spesimen dalam tungku pemanas dengan suhu awal 750°C dan 938°C selama 30 menit.
- 6) Setelah melakukan proses *Heat Treatment* dan specimen keluar dari tungku pemanas selanjutnya specimen dicampur dengan serbuk arang kelapa dengan menggunakan metode *carburizing*.
- 7) Setelah proses *Carburizing* selanjutnya melakukan proses *Hot Rolling* dengan cara specimen yang telah ditreatment dan dicampur serbuk arang kelapa dimasukan kedalam mesin roll (*rolling mill*).
- 8) Melakukan proses pendinginan secara bertahap dan kemudian perlakuan etsa dilakukan pada sebagian permukaan dengan ukuran yang telah ditentukan, cairan etsa yang digunakan adalah HNO_3 dan untuk Baja Karbon menggunakan HNO_3 sebanyak 2,5 %
- 9) Melakukan uji Komposisi, Foto Mikro dan Uji kekerasan Vickers
- 10) Hasil pengujian yang sudah didapat dianalisa dan kemudia diberikan kesimpulan dari apa yang didapat dari pengujian spesimen ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan mesin Spektrometer Metal Scan dan memberikan hasil pembacaan secara otomatis kandungan komposisi kimia pada material yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2 berikut ini.

Tabel 1. Hasil Uji komposisi
sebelum pengerolan

Unsur	Prosentase Unsur (%)
Fe	98,6
C	0,0579
Si	0,189
Mn	0,239
P	0,0740
S	0,0499
Cr	<0,0050
Mo	<0,0050
Ni	0,175
Al	0,0605
Co	0,0713
Cu	0,0307
Nb	0,0408
Ti	0,0200
V	0,0249
W	0,232
Pb	0,0100
Ca	<0,0001
Zr	0,0220

Tabel 2. Hasil Uji Komposisi
setelah pengerolan

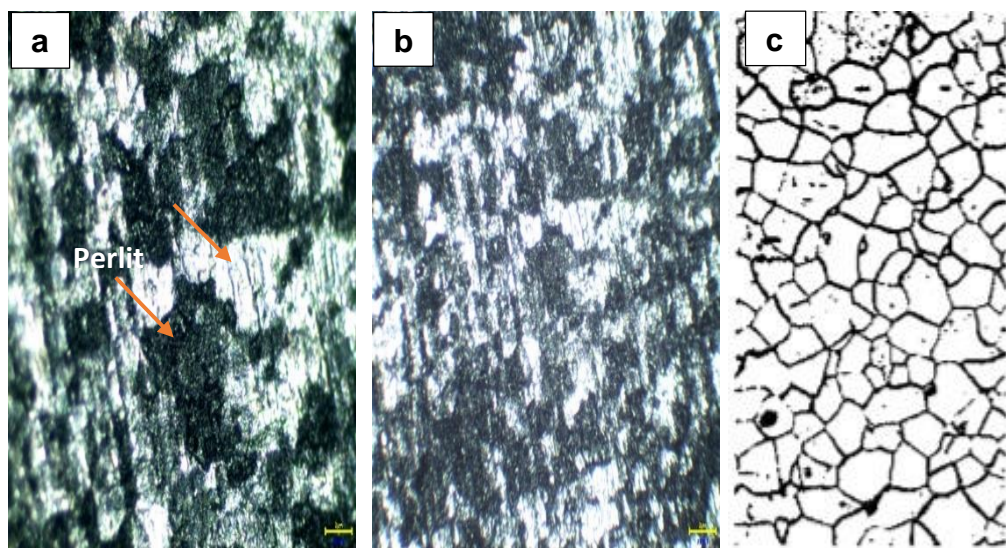
Unsur	Prosentase Unsur (%)
Fe	98,9
C	0,0769
Si	0,0521
Mn	0,258
P	0,0565
S	0,0294
Cr	0,0126
Mo	0,0643
Ni	0,0567
Al	0,0476
Co	0,468
Cu	0,0083
Nb	0,0376
Ti	0,0102
V	0,0346
W	0,234
Pb	<0,0100
Ca	>0,0015
Zr	0,0282

Dari hasil pengujian komposisi kimia material setelah dilakukan proses pengerolan maka termasuk golongan baja karbon rendah ($<0,30\%C$), dengan penyusun utama Besi (Fe) sebesar 98,9% berpengaruh pada kekuatan dan kekerasan. Karbon (C) 0,0769% menambah kekerasan baja. Silika (Si) sebesar 0,0521% menambah kekuatan baja. Mangan (Mn) sebesar 0,258% untuk memperbaiki dan meningkatkan kekuatan, kekerasan dan keuletan. Phospor (P) sebesar 0,0565% menjadikan baja lebih getas. Sulfat (S) sebesar 0,0294% meningkatkan sifat mampu mesin. Khrom(Cr) sebesar 0,0126% peningkatan kekuatan tarik, mampu keras, tahan korosi, serta tahan pada suhu tinggi. Molibdenum(Mo) sebesar 0,0643% menambah ketahanan terhadap suhu tinggi. Nikel (Ni) sebesar 0,0567% meningkatkan sifat keuletan dan tahan karat. Alumunium (Al) sebesar 0,0476% meningkatkan keuletan, mampu mesin dan

tahan karat. Kobalt (Co) sebesar 0,0468% meningkatkan sifat kekerasan, tahan aus, tahan panas dan kemagnetan. Tembaga (Cu) sebesar 0,0083% mempunyai sifat fisik daya penghantar listrik yang tinggi, daya hantar panas dan tahan karat. Niobium (Nb) 0,0376% meningkatkan sifat mekanis pada suhu tinggi. Titanium (Ti) sebesar 0,0102% pembentukan ferit dan karbida. Vanadium (V) sebesar 0,0346% memperbaiki kekuatan tarik. Wolfram (W) sebesar 0,234% menaikkan kekerasan dan keliatan. Timbal (Pb) sebesar <0,0100 kepadatan tinggi, titik leleh rendah, kemudahan ditempa, dan tahan korosi. Kalsium (Ca) sebesar >0,0015 sebagai katalis untuk membuang kandungan bismut dari timbal, serta untuk mengendalikan kadar karbon grafitik pada peleburan besi. Zirkonium (Zr) 0,0282 digunakan untuk menghilangkan nitrogen dan sulfur dari besi, sehingga meningkatkan kualitas metalurgi baja.

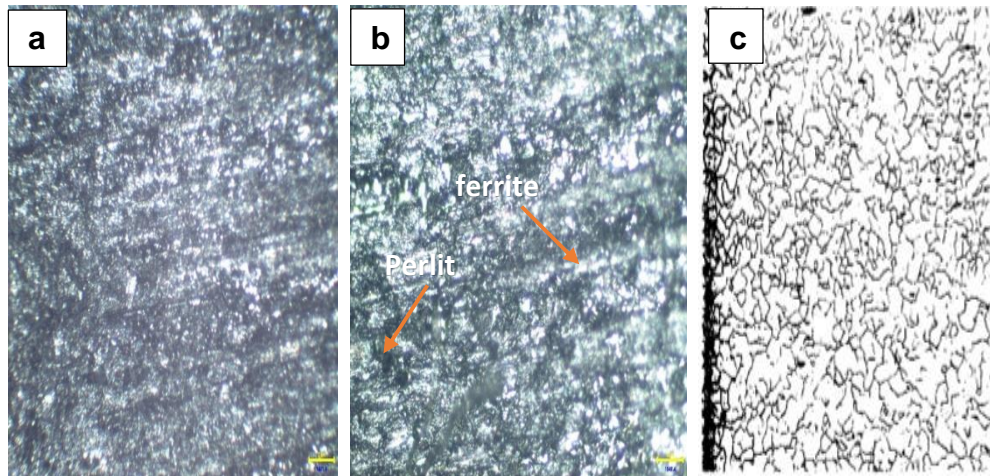
3.2 Hasil Pengujian Struktur Mikro

1) Hasil Pengujian Struktur Mikro sebelum proses *Hot Rolling*



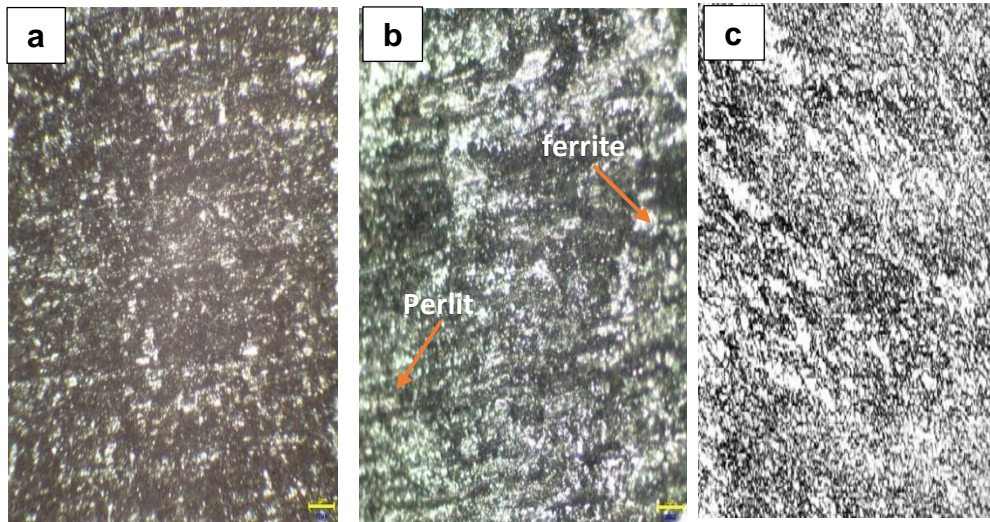
Gambar 2. Hasil pengujian mikrografi sebelum proses *Hot Rolling* (a) pembesaran 50x (b) pembesaran 100x (c) referensi struktur mikro ASM handbook vol 8

- 2) Hasil Pengujian Struktur Mikro sesudah *Hot Rolling* dengan penambahan karbon arang tempurung kelapa dengan 40 mesh



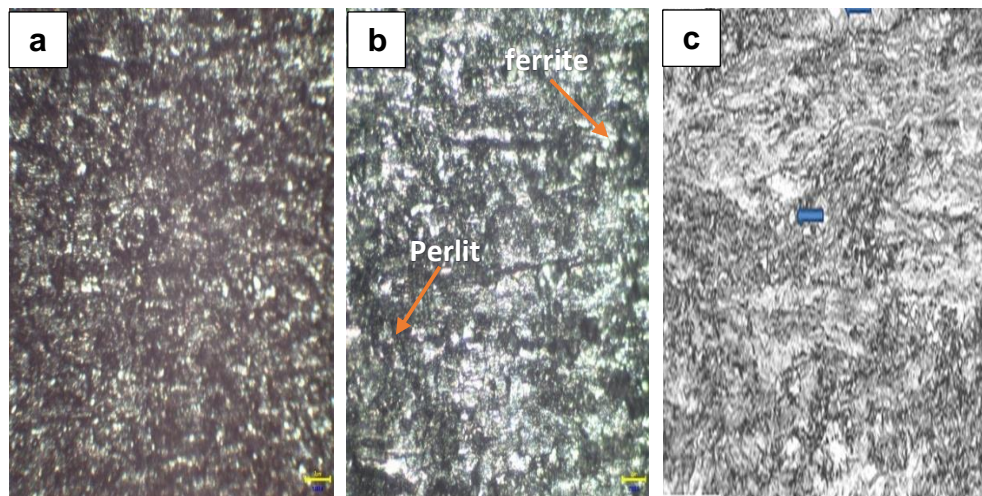
Gambar 3. Hasil pengujian mikrografi sesudah *Hot Rolling* dengan penambahan karbon arang tempurung kelapa dengan 40 mesh/420 μm (a) pembesaran 50x (b) pembesaran 100x (c) referensi struktur mikro *Hot Rolling* ASM handbook vol 8 dengan pembesaran 100x

- 3) Hasil Pengujian Struktur Mikro sesudah *Hot Rolling* dengan penambahan karbon arang tempurung kelapa dengan 50 mesh



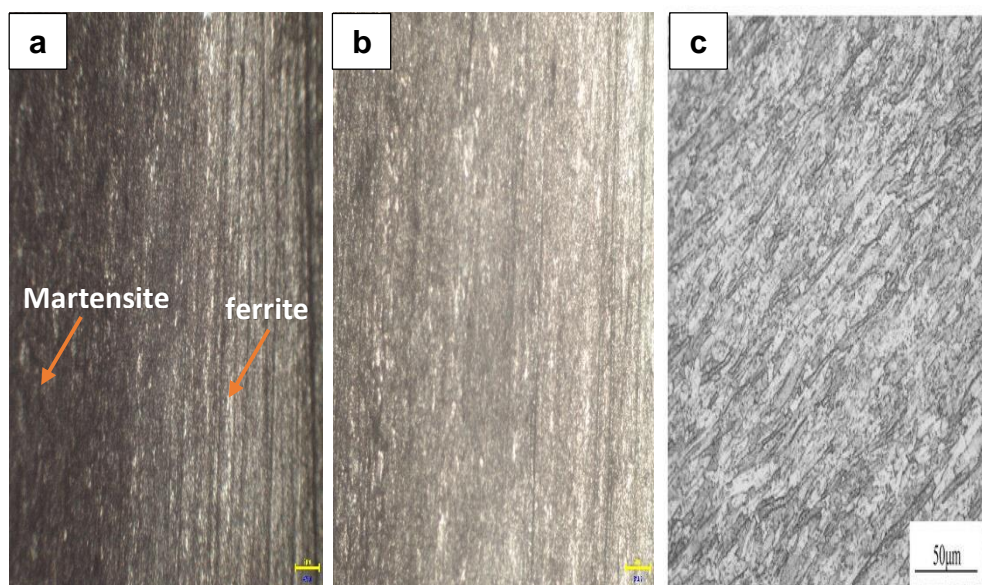
Gambar 4. Hasil pengujian mikrografi sesudah *Hot Rolling* dan penambahan karbon arang tempurung kelapa dengan 50 mesh/297 μm (a) pembesaran 50x (b) pembesaran 100x (c) referensi struktur mikro hasil *Hot Rolling* Materials Science and Engineering A 528

- 4) Hasil Pengujian Struktur Mikro sesudah *Hot Rolling* dengan penambahan karbon arang tempurung kelapa dengan 60 mesh



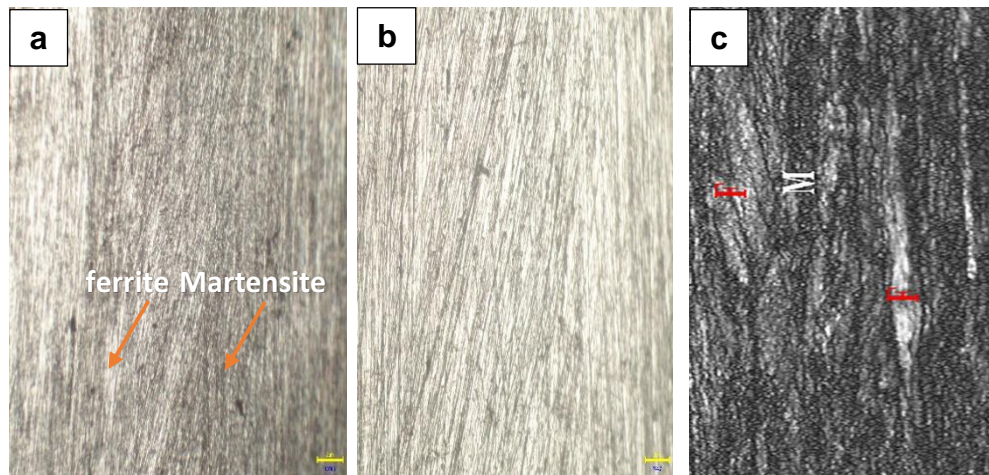
Gambar 5. Hasil pengujian mikrografi sesudah *Hot Rolling* dan penambahan karbon arang tempurung kelapa dengan 50 mesh/250 μm (a) pembesaran 50x (b) pembesaran 100x (c) referensi struktur mikro hasil *Hot Rolling* dengan reduksi ASM handbook vol 8

- 5) Hasil Pengujian Struktur Mikro penampang samping sebelum *Hot Rolling*



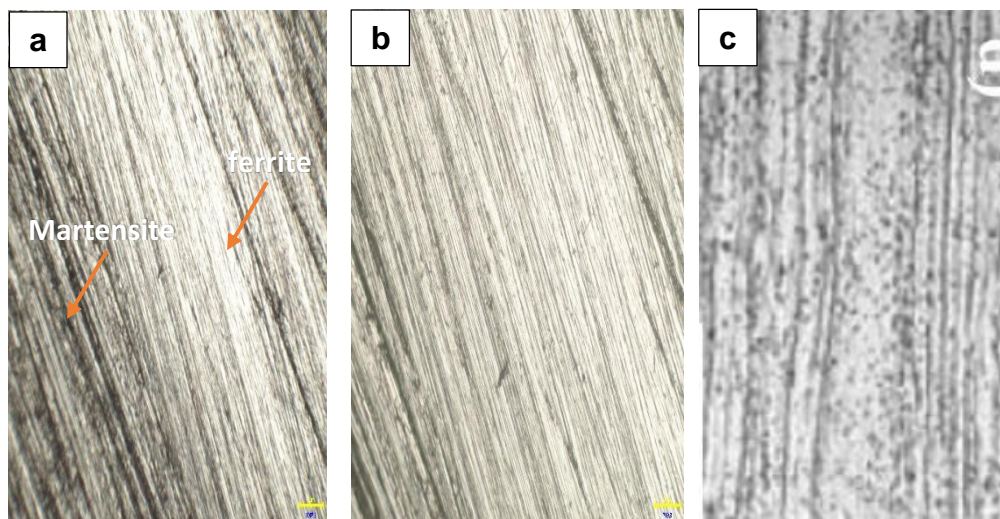
Gambar 6. Hasil pengujian mikrografi penampang samping sebelum *Hot Rolling* (a) pembesaran 50x (b) pembesaran 100x (c) referensi struktur mikro hasil *Hot Rolling* dengan reduksi ASM handbook vol 8

- 6) Hasil Pengujian Struktur Mikro penampang samping sesudah *Hot Rolling* dengan penambahan karbon arang tempurung kelapa 40 mesh



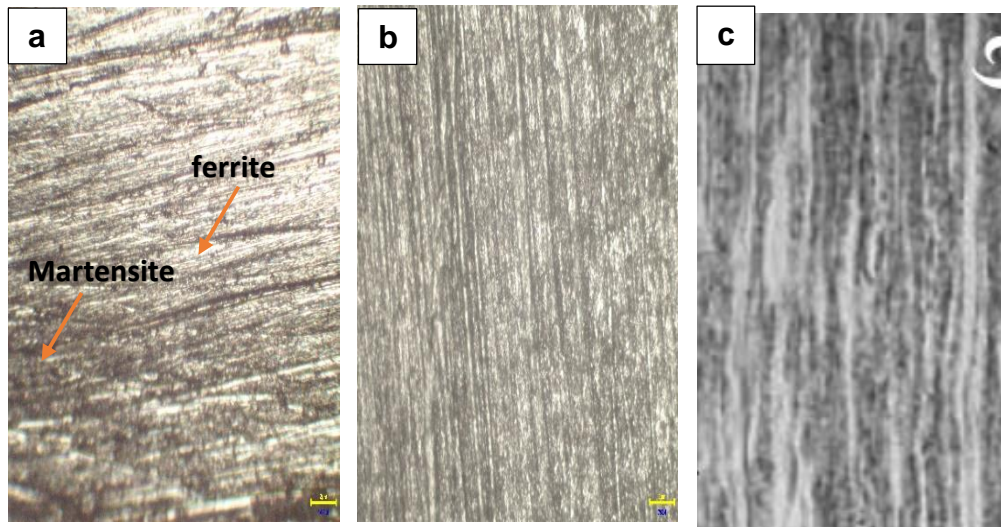
Gambar 7. Hasil pengujian mikrografi penampang samping sesudah *Hot Rolling* dan penambahan karbon arang tempurung kelapa dengan 40 mesh/420 μm (a) pembesaran 50x (b) pembesaran 100x (c) referensi struktur mikro hasil *Hot Rolling* dengan reduksi ASM handbook vol 8

- 7) Hasil Pengujian Struktur Mikro penampang samping sesudah *Hot Rolling* dengan penambahan karbon arang tempurung kelapa 50 mesh



Gambar 8. Hasil pengujian mikrografi penampang samping sesudah *Hot Rolling* dan penambahan karbon arang tempurung kelapa dengan 50 mesh/297 μm (a) pembesaran 50x (b) pembesaran 100x (c) referensi struktur mikro hasil *Hot Rolling* dengan reduksi ASM handbook vol 8

- 8) Hasil Pengujian Struktur Mikro penampang samping sesudah *Hot Rolling* dengan penambahan karbon arang tempurung kelapa 60 mesh



Gambar 9. Hasil pengujian mikrografi penampang samping sesudah *Hot Rolling* dan penambahan karbon arang tempurung kelapa dengan 60 mesh/250 μm (a) pembesaran 50x (b) pembesaran 100x (c) referensi struktur mikro hasil *Hot Rolling* dengan reduksi ASM handbook vol 8

Terlihat bahwa pada pengujian struktur mikro pada raw material sebelum dan sesudah *Hot Rolling* dengan pembesaran 50x dan 100 x. Dari Gambar 2 dan 6 dapat dilihat struktur mikro dengan batas butir yang bulat. Pada Gambar 3, 4, 5, 7, 8, 9 menunjukkan perubahan struktur mikro material yang telah direduksi ketebalannya menjadi 2,85 mm, dapat dilihat batas butir yang memipih seiring dikenai reduksi ketebalan. Setelah direduksi, batas butir berubah menjadi tipis, Menipisnya batas butir disebabkan deformasi plastis selama pengerolan. Hal ini sesuai penelitian Umamaheshwer dkk (2014) yaitu bentuk butir semakin menipis seiring dilakukan pengerolan. Terlihat bahwa material baja karbon setelah diberi perlakuan *Hot Rolling* ukuran butirnya semakin kecil akibat pemanasan dengan suhu 938°C diatas suhu rekristalisasi material tersebut dan bentuk butir cenderung lebih rapat dari raw material dan cenderung lebih pipih sesuai arah pengerolan setelah diberi perlakuan *Hot Rolling*. Hal ini sesuai dengan teori *Hot Rolling* pada

buku Sing, Rajender (2006) yang menyatakan bahwa bentuk butir akan lebih rapat dan pipih mengikuti arah pengerolan.

Pada raw material Kristal ferrit mendominasi dibandingkan perlit. Kristal ferrit mempunyai sifat lunak dan perlit mempunyai sifat lebih keras. Jika ferrit lebih mendominasi daripada perlit mungkin akan ditemukan harga kekerasan yang lebih rendah.

Pada Spesimen terlihat bahwa baja dengan *carburizing* 40 mesh terdapat perlit lebih banyak dari pada ferrit pada keseluruhan specimen karena telah diberi penambahan karbon. Pada specimen dengan *carburizing* 60 mesh terdapat perlit lebih banyak daripada baja dengan carburizing 40 mesh, hal ini disebabkan karena butiran karbon relative lebih kecil sehingga banyak karbon yang masuk ke dalam specimen dan semakin banyak juga kandungan perlit yang mengakibatkan semakin tinggi kekerasan.

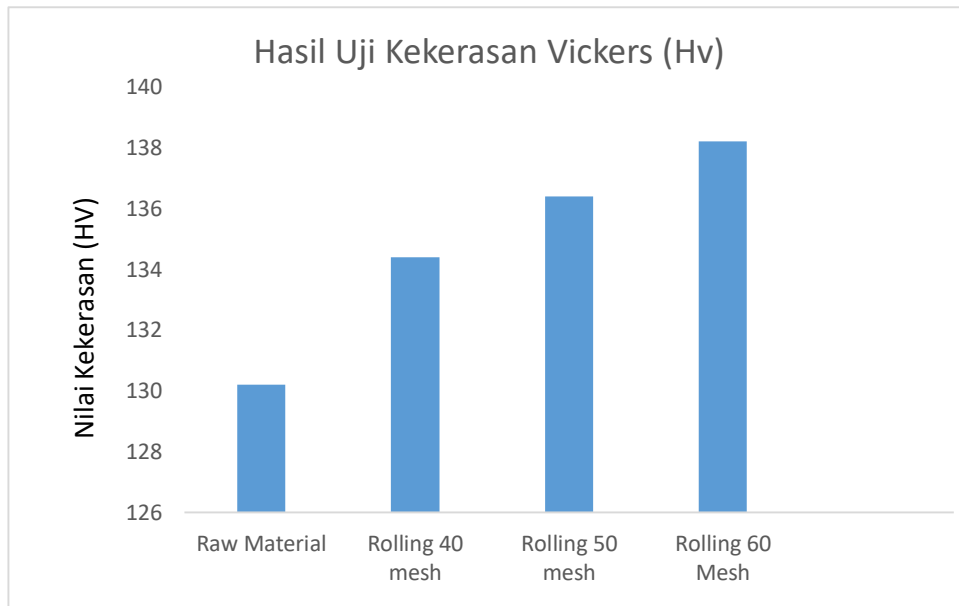
3.3 Hasil Pengujian Kekerasan

Data hasil pengujian hardness Vickers material baja karbon sebelum dan sesudah *Hot Rolling* dapat dilihat pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Uji kekerasan vickers sebelum *Hot Rolling* dan sesudah *Hot Rolling*

Titik Uji	Raw Material	Rolling 40 Mesh/420 μm	Rolling 50 Mesh/297 μm	Rolling 60 Mesh/250 μm
1	132,4	135,4	135,4	135,8
2	126,7	135,7	138,6	138,2
3	131,4	132,0	135,2	140,7
	130,2	134,4	136,4	138,2

Berdasarkan tabel 3 di atas, dapat dibuat grafik seperti pada gambar berikut.



Gambar 10. Hasil pengujian kekerasan menggunakan *Hardness Vickers* sebelum dan sesudah proses *Hot Rolling* .

Terlihat bahwa nilai kekerasan raw material sebelum pengerolan adalah 130,2 VHN, kekerasan meningkat setelah logam baja di rolling dan diberi penambahan serbuk karbon ukuran 40 mesh/420 μm yaitu menghasilkan nilai kekerasan sebesar 134,4 VHN. Setelah logam baja diberi perlakuan rolling kembali dengan penambahan serbuk karbon 50 mesh/297 μm dan 60 mesh/250 μm kekerasannya semakin meningkat sebesar 136,4 VHN dan 138,2 VHN. Hal ini disebabkan karena semakin banyak persentase berat karbon, pergerakan dislokasi akan semakin susah karena tertahan partikel penguat karbon. Sebagaimana ditunjukkan pada gambar Grafik 4.4, bahwa terjadi peningkatan nilai kekerasan yang dimulai pada rentang reduksi 40 mesh-60 mesh. Hal ini mengindikasikan bahwa, penghalusan butir mulai terjadi pada daerah reduksi tersebut dan kekerasan meningkat secara kontinyu. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Asadi & Palkowski (2014) yang menunjukan pengerolan panas dilakukan untuk memperoleh struktur butir yang halus sehingga baja menjadi lebih tangguh dan kuat serta menjadikan ukuran butir menjadi homogen. Pengerolan panas bertujuan menghaluskan butir untuk meningkatkan kekuatan.

4. PENUTUP

Dari hasil analisa data dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Eksperimen tentang *Hot Rolling* pada material logam baja berhasil dilakukan dengan metode carburizing dengan serbuk arang kelapa dengan variasi 40 mesh/420 μm , 50 mesh/297 μm , 60 mesh/250 μm .
2. Hasil foto struktur mikro pada baja sebelum dan sesudah dilakukan *Hot Rolling* hasilnya cukup berbeda, pada logam baja sebelum dilakukan pengerolan terlihat ukuran butiran lebih besar dan setelah diberi perlakuan *Hot Rolling* terlihat ukuran butir lebih kecil, rapat dan terlihat memipih.
3. Dari hasil pengujian kekerasan Vickers nilai kekerasan paling tinggi terdapat pada logam baja dengan pencampuran karbon 60 mesh/250 μm dengan nilai kekerasan rata-rata sebesar 138,2 VHN. Nilai kekerasan paling rendah terdapat pada logam baja dengan pencampuran karbon sebesar 40 mesh/420 μm .

DAFTAR PUSTAKA

- A.H Ismoyo, Parikin. Bandriyana. 2014. *Pengaruh Proses Pengerolan dan Penempatan Panas Pada Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Paduan Zr Nb Mo Ge*. Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir.
- ASM Metals Handbook. 2005, "Vol 09: *Metallography and Microstructures*", ASM International. United State.
- ASTM E92-82. 2003. *Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials*. ASTM International: United State.
- Amanto, H. dan Daryanto, 1999. *Ilmu Bahan*, Bumi Aksara. Jakarta.
- Avner, Sidney, H., 1974, *Introduction to physical metalurgi*, 2nd Edition, Mc Graw-Hill Publishing Co. Ltd, Singapore.
- Cheng-ning Li, Guo Yuan (2016) *The auto-tempering effect on microstructure and mechanical properties of C-Mn ordinary double phase steel Hot Rolling* . Northeastern University, Liaoning, China.
- Callister, W.D. 2009. *Materials Sciene and Engineering An Introduction 8th Edition*. Amerika: John Wiley & Sons Inc.
- Groover, Mikell P. 2010. *Fundamentals of Modern Manufacturing 4th Edition*. Lehigh University: John Wiley & Sons Inc.
- Marsh, Harry and Francisco R.R. 2006. *Activated Carbon*. Elsivier Science & Technology Books. Belanda.
- Muhammad Yunan Hasbi, Daniel Panghiahutan Malau, Bintang Adjiantoro 2016. *Pengaruh Variasi Reduksi terhadap kekerasan dan struktur Mikro Baja Laterit melalui Pengerolan Panas*. Pusat Penelitian Metalurgi dan Material-LIPI, Serpong, Tangerang Selatan.

- Mulyadi dan Sunitra, E. 2010. *Kajian Perubahan Kekerasan dan Difusi Karbon Sebagai Akibat dari Proses Karburisasi dan Proses Kuancing pada Material Gigi Perontok Power Thresher. Volume 7. Nomor 1. Halaman 33-49. Jurnal Teknik Mesin. Politeknik Negeri Padang.*
- Pratomo, G. 2019. *Analisa Struktur Mikro dan Tingkat Kekerasan Logam Alumunium Hasil Cold Rolling Dengan Variasi Reduksi Pada Jarak Roller 1mm, 2mm, 3 mm, 4mm. Tugas Akhir. Teknik mesin. Universitas Muhammadiyah Surakarta.*
- Rao A.C. Umamaheshwer, V.vasu, Govindaraju, K.V. Sai Srinadh. 2014. *Influenca of cold rolling and annealing on the tensile properties of Alumunium 7075 Alloy.* International Conference Advances Manufacturing and Materials Engineering. Departement Of Mechanical Engineering, National Institute of Technology Warangal, India.
- R. E. Smallman and R. J. Bishop, 2000. *"modern physical metallurgy and materials engineering"*, Hill International Book Company, New York.
- Sing, Rajender. 2006. *Introduction To Basic Manufacturing Processed And Workshop Technology.* New Age International. New Delhi. India.
- Surdia, Tata. Shinroku Saito. 1995. *Pengetahuan Bahan Teknik edisi 4.* Pradnya Paramita. Jakarta.
- Wulandari, A. 2011. *Studi Ketahanan Korosi H₂ Pada Baja Karbon Rendah Yang Mengalami Canai Hangat 600°C.* Skripsi. Jurusan Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia Depok. Jawa Barat.
- Lawrence H. Van Vlack., 1995. *Ilmu Teknologi Bahan,* Erlangga, Jakarta.